

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Patentschrift
⑯ DE 199 26 288 C 1

⑯ Int. Cl.⁷:
C 12 C 7/17

⑯ Aktenzeichen: 199 26 288.8-41
⑯ Anmeldetag: 9. 6. 1999
⑯ Offenlegungstag: -
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 21. 9. 2000

P 30774

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Anton Steinecker Maschinenfabrik GmbH, 85356
Freising, DE

⑯ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
80538 München

⑯ Erfinder:

Hege, Ulrich, Dr.-Ing., 85356 Freising, DE; Braak,
Benno van de, Dipl.-Ing., 54634 Bitburg, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 24 157 A1
Brauindustrie 5/96 (1996), 361;

⑯ Verfahren zur Steuerung des Würzeabflusses aus einem Läuterbottich

⑯ Verfahren zur Steuerung des Würzeabflusses aus einem
Läuterbottich, das die folgenden Vorgänge umfaßt: Re-
geln eines Regelventils und einer Höhe einer Aufhackma-
chine abhängig von einem Unterschied zwischen einem
Sollwürzeabfluß und einem Istwürzeabfluß, wobei das Regel-
ventil weiter geöffnet oder die Aufhackmaschine weiter
abgesenkt wird, falls der Sollwürzeabfluß unter dem Istwür-
zeabfluß liegt und umgekehrt; Reduzieren des Sollwürze-
abflusses, falls weder durch weiteres Öffnen des Regelven-
tils noch durch Absenken der Aufhackmaschine eine wei-
tere Erhöhung des Istwürzeabflusses erwünscht ist; Einstel-
len des Sollwürzeabflusses und der Höhe der Aufhackma-
chine in Abhängigkeit der Trübung der abfließenden
Würze, so daß eine Erhöhung der Trübung zu einem we-
niger starken Absenken der Aufhackmaschine und zu ei-
nem geringeren Sollwürzeabfluß führt.

DE 199 26 288 C 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art.

Ein solches Verfahren zur Regelung des Würzeabflusses bei der Biererzeugung ist z. B. aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 43 24 157 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird der Istwürzefluß gemessen und mit einem vorgegebenen Sollwürzefluß verglichen. In Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem Istwürzefluß und dem Sollwürzefluß wird die Öffnung einer Regelklappe und die Höhe einer Aufhackmaschine gesteuert. Eine weitere Öffnung des Regelventils führt in der Regel zu einem größeren Istwürzefluß. Durch ein Absenken der Aufhackvorrichtung wird eine auf dem Senkbock des Läuterbottichs abgesetzte Treberschicht aufgelockert, was ebenfalls zu einer Erhöhung des Istwürzeffusses führt. Um eine möglichst kurze Läuterzeit zu erreichen, wird im Verlauf einer Trendingphase der Sollwürzefluß stufenweise mit konstanter Steigung erhöht. Falls im Verlauf der Trendingphase die gewünschte Würzeflußsteigerung weder durch ein weiteres Öffnen der Regelklappe noch durch ein Absenken der Aufhackmaschine erreicht werden kann, weil beispielsweise die Regelklappe vollständig geöffnet ist und ein weiteres Absenken der Aufhackmaschine unerwünscht ist, wird der Sollwürzefluß abgesenkt. Nachdem der Istwürzefluß für eine vorbestimmte Zeit konstant geblieben oder gar angestiegen ist, wird der Sollwürzefluß wieder treppenförmig mit der ursprünglichen Steigung erhöht.

Darüber hinaus ist dem Stand der Technik die Fuzzy-Logik bekannt. Aufbauend auf der Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy-Sets), die 1965 von Zadeh begründet wurde, werden die vagen, subjektiven und mehrdeutigen Begriffe menschlichen Denkens algorithmisch nachvollziehbar. Im Gegensatz zur klassischen Mengenlehre, bei der jedes Element zu einer bestimmten Menge entweder gehört oder nicht gehört, können die einzelnen Elemente der unscharfen Menge dieser auch zu einem bestimmten Zugehörigkeitsgrad, der üblicherweise im Intervall zwischen 0 und 1 liegt, angehören. Dabei bedeutet der Grad 1 die volle Zugehörigkeit und der Grad 0 keine Zugehörigkeit zu der betrachteten Menge. Zwischen diesen Werten findet ein kontinuierlicher Übergang von "Element-sein" zu "Nicht-Element-sein" statt.

Wesentliche Elemente der Fuzzy-Logik sind die sog. linguistischen Variablen. Ihre Werte sind nicht Zahlen, sondern Ausdrücke der Umgangssprache. Da Wörter nicht so präzise wie Zahlen sind, werden die einzelnen Werte durch unscharfe Mengen repräsentiert.

Beim Einsatz der Fuzzy-Logik in einer Regelung werden alle Eingangsgrößen zunächst fuzzifiziert. Dabei bildet jede Eingangsgröße eine linguistische Variable, auf deren Meßbereich sog. Fuzzy-Sets (unscharfe Mengen) definiert sind. Bei der Fuzzifizierung wird der Zugehörigkeitsgrad zu den Fuzzy-Sets bestimmt. Mittels einer Wissensbasis wird aufgrund der fuzzifizierten Eingangsgrößen ein Zugehörigkeitsgrad auf einem Set jeder Ausgangsgröße bestimmt. Die Wissensbasis wird in Form von Wenn-Dann-Regeln abgelegt. Die Zugehörigkeitsgrade zu den Ausgangsgrößen werden zu einer Ausgangsmenge akkumuliert. Die unscharfe Ausgangsmenge wird über den Schwerpunkt und dessen Schnittpunkt mit der Achse der Ausgangsgröße defuzzifiziert und ergibt so einen scharfen Wert für jede Ausgangsgröße.

Eine erste Anwendung der Fuzzy-Logik in der Brautechnik ist in "Alles Fuzzy oder was?" (von Reinhard Pritscher, Brauindustrie 5/1996, Seite 351) beschrieben. Dabei wird die Fuzzy-Logik zur Regelung eines Läuterbottichs und zur Regelung einer mechanischen Brüdenverdichteranlage ein-

gesetzt.

Wenngleich mit dem in der Offenlegungsschrift DE 43 42 157 A1 beschriebenen Verfahren zwar eine Verkürzung der Läuterzeit erreicht werden kann, so bleibt dennoch auch bei diesem Verfahren der Läutervorgang derjenige Vorgang bei der Würzeherstellung, der die längste Zeit erfordert und deshalb im Hinblick auf eine weitere Erhöhung der Sudfolge verkürzt werden sollte. Dies sollte ohne Beeinträchtigung der Würzequalität erfolgen. Ferner ist es wünschenswert, daß ein Regler und ein Verfahren zur Steuerung des Würzeabflusses aus einem Läuterbottich möglichst nicht an verschiedene Biertypen, Rohstoffzusammensetzungen, Schrotzusammensetzungen, Meischekonsistenz und Beladungen der Läuterbottiche angepaßt werden müssen.

15 Vielmehr soll sich der Regler und das Verfahren durch Berücksichtigung wichtiger Parameter selbst an die verschiedensten Biertypen, Rohstoffzusammensetzungen usw. anpassen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, bei denen die Abläuterung aus einem Läuterbottich unter Berücksichtigung von Erfahrungen von Fachleuten beschleunigt wird.

Diese Aufgabe wird durch den Patentanspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

25 Vorteilhaft an der Berücksichtigung der zeitlichen Änderung der Stellung des Regelventils ist, daß die Aufhackmaschine schneller reagiert und damit die Hubspiele der Aufhackmaschine erheblich reduziert werden. Dadurch wird insbesondere ein sehr tiefes Absenken der Aufhackmaschine vermieden, was zu einer stärkeren Trübung der Würze führen würde.

30 Die Berücksichtigung der Trübung der abfließenden Würze vorzugsweise in Verbindung mit der Berücksichtigung der zeitlichen Änderung der Regelklappe bietet den Vorteil, daß die Aufhackmaschine in immer wieder verschiedenen Höhen fährt und insbesondere die Zick-Zack-Messer nicht immer in den gleichen Spuren laufen.

35 Vorteilhaft an einem geringeren Wasserpuffer auf der Treberschicht ist ferner, daß sich ein größeres Konzentrationsgefälle einstellt, was zu einer verbesserten Ausbeute führt.

40 Ein Absenken eines Niveaus in einem Läutergefäß führt zu einer Erhöhung des Differenzdrucks an der Treberschicht und damit in vorteilhafter Weise zu einer Erhöhung des Istwürzeffusses. Durch ein allmähliches Absenken des Niveaus in dem Läutergefäß wird ein plötzlicher Sog auf das Treberbett vermieden.

45 Vorteilhaft an einer Reduzierung der Anschwänzwassermenge bei gutlaufenden Suden ist, daß sie eine spätere Abtropfzeit reduziert wird.

50 Eine Verkürzung des Abläutervorgangs kann bei schlechtlauenden Suden dadurch erreicht werden, daß die Vorderwürze oder ein Nachguß vorzeitig abgebrochen wird, insbesondere dann, wenn eine Aufhacksperre schon aktiv ist.

55 Ein zwangswise Absenken der Aufhackmaschine in eine tiefe Stellung, falls die Aufhackmaschine während der Vorderwürze eine bestimmte Höhe nicht unterschritten hat, führt vorteilhafterweise zu einer besseren Auswaschung des Extrakts.

60 Durch die Berücksichtigung der zeitlichen Änderung der Regelklappenstellung sowie der aktuellen Stellung der Aufhackmaschine wird in vorteilhafter Weise ein zu frühes Hochziehen des Istwürzeffusses vermieden. Dies würde zu einem Absenken der Aufhackmaschine und damit zu einer erhöhten Trübung der Würze führen, die von einem Trübungssensor erst nach einer gewissen zeitlichen Verzögerung bemerkt werden würde.

Vorteilhaft an der Erfindung ist ferner, daß die Abläuterzeit automatisch entsprechend den individuellen Besonderheiten eines Suds optimiert wird.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Läuterbottichs mit dem erfindungsgemäßen Steuerverfahren.

Fig. 2 einen Abläutervorgang eines gutlaufenden Suds,

Fig. 3 einen Abläutervorgang mit zum Schluß etwas zäh laufender Vorderwürze und schlechtlaufendem Nachguß,

Fig. 4 einen Abläutervorgang mit schlecht anlaufendem Nachguß, wobei der Nachguß zum Ende hin so gut läuft, daß weniger Anschwänzwasser ausreicht,

Fig. 5 einen Abläutervorgang, bei dem das Niveau in einem Läutergefäß erst vollständig angehoben wird, nachdem sich der Istwürzefluß während des Nachgusses erholt hat,

Fig. 6 einen Abläutervorgang, bei dem das Niveau in dem Läutergefäß etwas abgesenkt wird, während die Vorderwürze etwas zäh läuft,

Fig. 7 einen Abläutervorgang mit zum Schluß schlecht laufender Vorderwürze und zum Schluß schlecht laufendem Nachguß, wobei während des Nachgusses nochmals angeschwänzt wurde,

Fig. 8 einen Abläutervorgang, bei dem die Aufhackmaschine aufgrund der geringen Trübung tiefer fährt, und

Fig. 9 einen Abläutervorgang, bei dem die Aufhackmaschine aufgrund der hohen Trübung nicht so tief wie in Fig. 8 fährt.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung, in der das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise eingesetzt werden. Die Vorrichtung umfaßt einen Läuterbottich 1, der auf einer nicht dargestellten Tragvorrichtung angeordnet sein kann, um unter dem Boden 2 des Läuterbottichs 1 einen Einbauplatz für eine Antriebsvorrichtung 3 sowie für eine Hub- und Senkvorrichtung 4 für die innerhalb des Läuterbottichs 1 angeordnete Aufhackmaschine 5 zu schaffen. Die Antriebsmotoren für die Hub- und Senkvorrichtung sowie für die Drehbewegung der Aufhackmaschine sind mit M gekennzeichnet. Die Aufhackmaschine 5 weist eine Antriebswelle 6 auf, welche drehbeweglich sowie axial verschiebbar gelagert ist. Im oberen Endabschnitt 7 der Antriebswelle 6 sind in Umfangsrichtung in gleichem Abstand von einander mehrere Horizontalarme 8 befestigt, die jeweils eine Reihe von Aufhackmessern 9 für eine Treberschicht tragen, welche sich beim Läutervorgang als Rückstand auf dem Senkbogen 10 des Läuterbottichs 1 absetzt. Die Antriebswelle 6 der Aufhackvorrichtung steht mit ihrem unteren Endabschnitt 11 in Eingriff mit der Antriebeinrichtung 3 sowie der Hub- und Senkvorrichtung 4.

Die aus dem Läuterbottich 1 abgezogene Läuterwürze gelangt über einen Abfluß 12 in den Sammeltopf 13 und von diesem in ein Zentralrohr 14, dem ein Durchflußmengenmeßgerät 15 und ein Regelventil 16 nachgeschaltet sind. Das Regelventil 16 ist vorzugsweise als Regelklappe ausgebildet und wird von Stellglied 18 gesteuert. Mit dem Durchflußmengenmeßgerät 15 wird der Istwürzefluß der Läuterwürze gemessen.

Das Durchflußmeßgerät 15 und der Trübungssensor 27 sind an den Regler 17 angeschlossen, der seinerseits mit dem Stellglied 18, der Regelklappe 16 sowie mit der Antriebsvorrichtung 3 der Hub- und Senkvorrichtung der Aufhackvorrichtung 5 verbunden ist. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform steuert der Regler 17 ferner die Läuterpumpe 26 und das Stellglied 22 der Drosselklappe 21. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform steuert der Regler 17 über Ventil 28 den Zufluß von Anschwänzwasser über Zuleitung 23. Der Zufluß des Anschwänzwassers kann

aus der Stellung von Ventil 28 bestimmt werden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird im Zufluß 23 ein weiterer Durchflußmesser zur genaueren Bestimmung der Anschwänzwassermenge und des -flusses installiert.

5 Mit Hilfe der Drucksensoren p_1 und p_2 wird ein Druckabfall an der Treberschicht gemessen. Dieser Druckabfall wird als Treberwiderstand bezeichnet. Der Treberwiderstand bietet für den Abläutervorgang einen ähnlichen Informationswert wie eine Istwürzeflußmessung durch das Durchflußmengenmeßgerät 15. Aus Kostengründen und wegen der Beschädigungsanfälligkeit der beiden als Drucksensoren dienenden Druckmeßdosen kann bei der bevorzugten Ausführungsform der mittels der Drucksensoren p_1 und p_2 gemessene Treberwiderstand entweder mitberücksichtigt werden oder auf seine Messung verzichtet werden. Gut laufende Sude weisen einen geringen, schlecht laufende Sude dagegen einen hohen Treberwiderstand auf.

Nach dem Regelventil 16 fließt die Läuterwürze 25 durch ein Läutergefäß 19, ein Drosselventil 21, eine Läuterpumpe

20 26 und einen Trübungssensor 27. Das Drosselventil 21 ist vorzugsweise als Drosselklappe ausgeführt. Der Regler 17 steuert die Läuterpumpe 26 und über ein Stellglied 22 das Drosselventil 21, um den Läuterwürzeabfluß aus dem Läutergefäß 19 zu steuern. Falls dieser Abfluß allein durch die

25 Läuterpumpe ausreichend genau gesteuert werden kann, beispielsweise durch wiederholtes Ein- und Ausschalten der Läuterpumpe oder durch die Steuerung der Läuterpumpendrehzahl, kann auf das Drosselventil 21 und Stellglied 22 in einer anderen bevorzugten Ausführungsform verzichtet werden. Das Läutergefäß 19 ist ferner über eine Ausgleichsleitung 24 mit dem Läuterbottich 1 zum Druckausgleich verbunden. Durch die Steuerung des Würzeabflusses aus dem Läutergefäß 19 kann unabhängig vom Zufluß das Niveau der Würze 20 im Läutergefäß 19 gesteuert werden. Der

30 Niveauunterschied zwischen dem Wasserstand im Läuterbottich 1 und dem Niveau der Läuterwürze im Läutergefäß 19 erzeugt einen Druckunterschied, der das Wasser im Läuterbottich durch die am Grund des Läuterbottichs abgesetzte Treberschicht hindurch drückt. Folglich kann durch eine 35 Veränderung des Niveaus der Läuterwürze 20 im Läutergefäß 19 dieser Differenzdruck und damit der Istwürzefluß aus dem Läuterbottich 1 gesteuert werden.

Leitung 22 verbindet den Läuterbottich 1 mit einem Meischbottich.

Mit der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung kann das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden. Fig. 2 bis 9 zeigen Abläutervorgänge von acht verschiedenen Suden, wobei zunächst die Vorderwürze abgeläutert wird und anschließend ein Nachguß erfolgt. Die Gesamtwürzmenge erfolgt beträgt jeweils 350 hl. Allgemein werden für die Berechnung der Mengen von Gesamtwürze, Vorderwürze, Nachguß und Anschwänzwasser aus den Prozeßdaten die folgenden Gleichungen verwendet:

$$55 \text{ Gesamtwürze (hl)} = S \cdot AF(Pfv \cdot (Pfv \cdot 0,004 l/0,998))$$

$$\text{Menge VM (hl)} = HG/S \cdot 0,64(hl/dT)/SW - TF \cdot S$$

$$\text{Menge Nachguß (hl)} = \text{Gesamtwürze (hl)} - \text{Menge VW (hl)}$$

$$60 \text{ Menge Anschwänzwasser (hl)} = \text{Gesamtwürze (hl)} - HG/S \cdot AF$$

- S: Schüttung (dT) aus Prozeßdaten
- AF: Ausbeutefaktor (% 100) ca. 0,76
- Pfv: Vorgabe für Pfannevolkkonzentration (GG%)
- HG: Hauptguß (hl) aus Prozeßdaten
- SW: Spülwasser (hl) aus Prozeßdaten

- TF: spezifischer Faktor für Trebervolumen (hl/dT) ca. 1,80
- AF: Anschwänzwasserfaktor (hl/dT) ca. 0,5

Auf den X-Achsen aller Diagramme in Fig. 2 bis 9 ist die Zeit in Minuten seit dem Beginn des Abläutervorgangs aufgetragen. Das jeweils obere Diagramm zeigt den Istwürzefluß 50, den Sollwürzefluß 51 und die Höhe der Aufhackmaschine 52 über die Zeit. In den mittleren Diagrammen ist der Istwürzefluß 50, die Anschwänzwassermenge 53 und der Fluß von Anschwänzwasser 54 in beliebigen Einheiten aufgetragen. In den unteren Diagrammen ist die abgeläuterte Würze 55 in Hektolitern (hl), die Öffnung des Regelventils 56 in Prozent und das Niveau 57 in Läutergefäß 19 in beliebigen Einheiten über die Zeit aufgetragen. Ferner ist angegeben, nach wievielen hl abgeläuteter Würze die Trubzugabe erfolgt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Höhe der Aufhackmaschine von der durch Trübungssensor 27 gemessenen Trübung beeinflußt. Je tiefer die Aufhackmaschine in die Treberschicht einschneidet, desto schlechter ist die Filterwirkung der Treberschicht und desto trüber ist die abgeläuterte Würze. Das erfindungsgemäße Verfahren und eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reglers steuern deshalb die Höhe der Aufhackmaschine in Abhängigkeit der Trübung der abfließenden Würze, so daß eine Erhöhung der Trübung zu einem weniger starken Absenken der Aufhackmaschine führt. Ein weniger tiefes Aufhacken des Treberbetts führt letztendlich auch zu einem Absenken des Istwürzeusses. Da ein reduzierter Istwürzefluß bei gleichem Sollwürzefluß zu einem Absenken der Aufhackmaschine führen würde, wird außerdem der Sollwürzefluß reduziert. In den Fig. 8 und 9 bricht der Istwürzefluß bei den Stellen 171 und 182 rapide zusammen. In Fig. 8 beträgt die Trübung 43 EBC, wogegen sie in Fig. 9 87 EBC beträgt. Folglich fährt in Fig. 8 die Aufhackmaschine bei 171 tiefer als bei 182.

Durch Verwendung der Fuzzy-Logik beim erfindungsgemäßen Verfahren können in entgegengesetzten Richtungen wirkende Eingangsgrößen, die beispielsweise eine Ausgangsgröße sowohl erhöhen als auch absenken, in einfacher Weise gegeneinander abgewogen werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird ferner die zeitliche Änderung der Regelventilstellung ausgewertet. Auf diese Weise kann die Aufhackmaschine schneller auf zeitliche Veränderungen reagieren, was Hubspielen erheblich reduziert. Besonders vorteilhaft an kleineren Hubspielen ist, daß dadurch vor allem ein sehr tiefes Absenken der Aufhackmaschine verhindert wird, was zu einer erhöhten Trübung der abgeleuterten Würze führen würde. Die Fig. 2, 3, 4 und 6 verdeutlichen insbesondere an Positionen 112, 113, 122, 123, 131, 132, 153 und 154, daß Sollwürzefluß und Istwürzefluß gut übereinstimmen und leicht ansteigen. Dabei wird die Aufhackmaschine plötzlich abgesenkt, weil das Stellglied 18 das Regelventil 16 schnell öffnet.

Fig. 2 und 8 zeigen insbesondere an Stellen 114 und 172, daß die Aufhackmaschine immer wieder in verschiedenen Höhen fährt und speziell die Zick-Zack-Messer nicht in den gleichen Spuren laufen, was durch die Berücksichtigung sowohl der Trübung als auch der zeitlichen Änderung der Regelventilstellung erreicht wird. Auf diese Weise wird das Treberbett gleichmäßiger aufgehackt und folglich auch gleichmäßiger ausgewaschen.

Bei geringem Treberwiderstand, also bei gutlaufenden Suden, wird vorzugsweise der Wasserpuffer auf der Treberschicht reduziert. Durch den geringeren Wasserpuffer stellt sich ein größeres Konzentrationsgefälle beim Umwandeln des Wassers in Würze beim Durchfließen der Treberschicht

ein. Ein größeres Konzentrationsgefälle führt zu einer besseren Auswaschung der Treberschicht. Fig. 3, 4, 5 und 6 zeigen an den Stellen 121, 133, 141 und 152, daß, sobald der Istwürzefluß den Sollwürzefluß erreicht oder gar überschritten hat, der Anschwänzwasserfluß unter den Istwürzefluß abgesenkt wird, was als negativer Offset des Anschwänzwassers bezeichnet wird. Dies führt zu einer Reduzierung des Wasserpuffers auf der Treberschicht.

Solange auf der anderen Seite der Nachguß schlecht läuft, 10 wird der Fluß des Anschwänzwassers größer gewählt als der Istwürzefluß, was zu einer Vergrößerung des Wasserpuffers auf der Treberschicht und damit über eine erhöhte Druckdifferenz zu einer Erhöhung des Istwürzeusses beiträgt. Durch den größeren Wasserpuffer wird der obere Teil der 15 Treberschicht aufgeweicht und so der Treberwiderstand weiter verringert.

Darüber hinaus wird besonders bei geringem Wasserpuffer das Niveau der Würze 20 in einem Läutergefäß geringfügig abgesenkt, um durch eine größere Druckdifferenz zwischen Läuterbottich und Läutergefäß den Istwürzefluß zu erhöhen. Insbesondere zum Ende der Vorderwürze hin wird das Niveau im Läutergefäß 19 abgesenkt, um eine ausreichende Druckdifferenz zwischen Läuterbottich 1 und Läutergefäß 19 und damit einen akzeptablen Istwürzefluß aufrecht zu erhalten. Dabei wird ein plötzlicher Sog auf die Treberschicht durch ein allmähliches Absenken des Niveaus im Läutergefäß 19 vermieden. Dies wird in Fig. 6 insbesondere bei 151 dargestellt. Während eines Nachgusses, der auf die Vorderwürze folgt, wird das Niveau in dem Läutergefäß 19 erst dann vollständig angehoben, wenn das zugeführte Anschwänzwasser einen ausreichend dicken Wasserpuffer auf der Treberschicht bildet, so daß die Druckdifferenz zwischen Läuterbottich 1 und Läutergefäß 19 ausreicht, den Istwürzefluß in etwa auf den Sollwürzefluß anzuheben. Dies ist 35 in Fig. 5 bei 142 dargestellt.

Vorzugsweise wird bei gutlaufenden Suden die sich aus obigen Formeln ergebende Anschwänzwassermenge in einem bestimmten Rahmen reduziert, um die spätere Abtropfzeit zu reduzieren. In Fig. 2 beträgt die Anschwänzwassermenge 172 hl und der Anschwänzwasserfluß liegt während des gesamten Nachgusses unter dem Istwürzefluß. In Fig. 4 beträgt die Anschwänzwassermenge 171 hl. Hier nimmt der Treberwiderstand erst zum Ende des Nachgusses ab. Die Abnahme ist so stark, daß weniger Anschwänzwasser ausreicht. Den umgekehrten Fall zeigt Fig. 3. Da der Treberwiderstand am Anfang und in der Mitte des Nachgusses gering war, der Sud also gut anlief, sollte die Anschwänzwassermenge reduziert werden. Da der Sud aber zum Ende des Nachgusses hin einen hohen Treberwiderstand aufwies, wurde nochmals angeschwenzt (124). Die Anschwänzwassermenge beträgt hier 179 hl. Einen ähnlichen Abläutervorgang mit nochmaligem Anschwänzen bei 161 zeigt Fig. 7. Hier betrug die Anschwänzwassermenge 180 hl.

Vorzugsweise wird ein Tiefschnitt bei der Erfindung nicht 55 allein dadurch ausgelöst, daß der Istwürzefluß einen bestimmten Grenzwert unterschreitet. Vielmehr werden vorzugsweise die Abweichung des Istwürzeusses vom Sollwürzefluß, die Stellung des Regelventils 16, die relative Höhe des Istwürzeusses, die Höhe der Aufhackmaschine 60 und die Trübung berücksichtigt. Die Stellen, an denen Tiefschnitte ausgelöst werden, sind nicht in den Fig. 2 bis 9 dargestellt.

Vorzugsweise ist bei der vorliegenden Erfindung auch die 65 Menge der Vorderwürze in einem gewissen Rahmen variabel. Wenn z. B. schon eine Aufhacksperrre aktiv ist, die einen Tiefschnitt verhindert, und nur noch wenige Hektoliter abzuläutern sind und der Istwürzefluß unerwünscht gering wird, wird die Vorderwürze vorzeitig abgebrochen. Fig. 2

zeigt einen Abläutervorgang, bei dem die Vorderwürze gut läuft und deshalb die gesamte Vorderwürze von beispielsweise 150 hl abgeleutert wird. Fig. 3 zeigt einen Abläutervorgang mit zum Schluß etwas zäh laufender Vorderwürze, so daß die Menge der Vorderwürze leicht auf beispielsweise 147 hl reduziert wird. Fig. 7 zeigt einen Abläutervorgang mit zum Schluß schlecht laufender Vorderwürze, bei dem die Menge der Vorderwürze weiter auf beispielsweise 143 hl reduziert wird.

Vorzugsweise wird auch bei gutlaufenden Suden zur besseren Auswaschung der Treberschicht während des Nachgusses einmal in tiefer Stellung aufgehackt (Fig. 2, 111), falls die Aufhackmaschine während der Vorderwürze eine bestimmte Höhe nicht unterschritten hat.

Der Zeitpunkt der Trubzugabe wird vorzugsweise in Abhängigkeit vom Treberwiderstand festgelegt. Wenn der Treberwiderstand am Anfang des Nachgusses hoch ist, erfolgt die Trubzugabe später. Fig. 2 zeigt einen Abläutervorgang, wobei der Treberwiderstand zu Anfang des Nachgusses gering ist und deshalb die Trubzugabe bereits erfolgt, nachdem 179 hl Läuterwürze abgeleutert wurden. Fig. 5 zeigt einen Abläutervorgang, bei dem der Treberwiderstand am Anfang des Nachgusses hoch ist, also der Nachguß schlecht anläuft, und deshalb die Trubzugabe erst erfolgt, nachdem 210 hl Läuterwürze abgeläutert wurden.

Vorzugsweise wird ferner der Istwürzefluß in Abhängigkeit von der zeitlichen Änderung des Regelventils 16 sowie der Höhe der Aufhackmaschinen gewählt. Der Sollwürzefluß wird insbesondere nicht angehoben, während die Aufhackmaschine noch in tiefer Position fährt, um eine zu starke Trübung der Läuterwürze zu vermeiden. In Fig. 7 bei 162 wird der Sollwürzefluß nicht angehoben, obwohl Istwürzefluß und Sollwürzefluß gleich sind, weil die Aufhackmaschine noch in tiefer Position fährt und das Regelventil 16 gerade schnell öffnet.

Falls der Istwürzefluß hinter dem Sollwürzefluß zurückbleibt, wird in einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Druckunterschied zwischen Läuterbottich 1 und Läutergefäß 19 durch das Einspeisen von CO_2 in den Läuterbottich erhöht. Bezuglich des Istflusses wirkt ein Einspeisen von CO_2 ähnlich einem dickeren Wasserpuffer durch einen erhöhten Zufluß von Anschwänzwasser oder einem Absenken des Niveaus in dem Läutergefäß 19. Beim Einspeisen von CO_2 in den Läuterbottich wird die Ausgleichsleitung vorzugsweise geschlossen, um einen Druckausgleich mit dem Läutergefäß 19 zu verhindern.

Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet vorzugsweise neun Eingangsgrößen, nämlich die Differenz zwischen Sollwürzefluß und Istwürzefluß, den Istwürzefluß, die zeitliche Änderung der Stellung des Regelventils, die Stellung des Regelventils, die abgeleuterte Menge, die Trübung der Läuterwürze, die Anschwänzwassermenge, die Höhe der Aufhackmaschine sowie eine bool'sche Variable, die angibt, ob die Aufhackmaschine während der Vorderwürze einmal in tiefe Stellung gefahren wurde. Der erfindungsgemäße Regler und das erfindungsgemäße Verfahren erzeugen acht Ausgangswerte, nämlich den Zufluß von Anschwänzwasser (hl/h), den Sollwürzefluß, die Höhe der Aufhackmaschine, die Feineinstellung der Höhe der Aufhackmaschine, das Niveau in dem Läutergefäß, einen Auslöser für das Ende der Vorderwürze, einen Auslöser für die Trubzugabe und einen Auslöser für einen Tiefschnitt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise mittels eines Fuzzy-Reglers implementiert, der nach dem Max-Prod-Interferenzmechanismus arbeitet und bei der Defuzzifizierung die Methode des nächsten Schwerpunktes anwendet. Darüber hinaus wird ein alter Wert beibehalten, falls keine Regel aktiv ist.

Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Ausgänge auf Eingänge zurückgekoppelt sind, werden am Anfang des Abläutervorgangs beispielsweise für zwei Minuten die Ausgangsgrößen des Reglers konstant gehalten, um wilde Einschwingvorgänge zu Beginn des Abläuterns zu unterbinden. In anderen bevorzugten Ausführungsformen beginnen verschiedene Ausgänge des Reglers nach verschiedenen Zeiten, die konstanten Werte gemäß des Regelverfahrens zu verändern. Beispielsweise wird nach einer Minute nach Beginn des Abläuterns begonnen, den Istwürzefluß auf den Sollwürzefluß mittels des Regelventils 16 zu regeln, wogegen die Höhe der Aufhackmaschine erst nach weiteren vier Minuten verändert wird. Nach weiteren fünf Minuten wird dann das Niveau im Läutergefäß 19 in die Regelung mit einbezogen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Würzeabflusses (15) aus einem Läuterbottich (1), das die folgenden Vorgänge umfaßt:

Regeln eines Regelventils (18) und einer Höhe einer Aufhackmaschine (5) abhängig von einem Unterschied zwischen einem Sollwürzefluß und einem Istwürzefluß, wobei das Regelventil (16) weiter geöffnet oder die Aufhackmaschine (5) weiter abgesenkt wird, falls der Sollwürzefluß unter dem Istwürzefluß liegt und umgekehrt;

Reduzieren des Sollwürzeflusses, falls weder durch weiteres Öffnen des Regelventils (16) noch durch Absenken der Aufhackmaschine (5) eine weitere Erhöhung des Istwürzeflusses erwünscht ist;

dadurch gekennzeichnet, daß

der Sollwürzefluß und die Höhe der Aufhackmaschine (5) ferner in Abhängigkeit der Trübung der abfließenden Würze eingestellt wird, so daß eine Erhöhung der Trübung zu einem weniger starken Absenken der Aufhackmaschine und zu einem geringeren Sollwürzefluß führt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Eingangsgröße ferner die zeitliche Änderung der Stellung des Regelventils (16) berücksichtigt wird und eine schnelle Öffnung des Regelventils (16) zu einer Absenkung des Sollwürzeflusses und einem Absenken der Aufhackmaschine führt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zufluß von Anschwänzwasser über den Istwürzefluß angehoben wird, wenn während eines Nachgusses der Istwürzefluß unter dem Sollwürzefluß bleibt, und der Zufluß des Anschwänzwassers reduziert wird, sobald sich der Istwürzefluß dem Sollwürzefluß annähert.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ferner ein Niveau in einem Läutergefäß (19) abgesenkt wird, wenn der Istwürzefluß unter dem Sollwürzefluß bleibt, insbesondere dann, wenn das Ende des Abläuterns einer Vorderwürze unmittelbar bevorsteht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei gut laufenden Suden die Anschwänzwassermenge reduziert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Auslösen eines Tiefschnitts die Stellung des Regelventils (16), der Istwürzefluß (15), die Höhe der Aufhackmaschine (5) und die Trübung berücksichtigt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufhackmaschine (5)

während eines Nachgusses mindestens einmal in eine tiefe Stellung gefahren wird, wenn die Aufhackmaschine während der Vorderwürze eine bestimmte Höhe nicht unterschritten hat.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine abgeläuterte Menge der Vorderwürze reduziert wird, falls ein Sud während des Abläuterns der Vorderwürze schlecht läuft. 5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Trubzugabe um so später während eines Nachgusses erfolgt, je schlechter der Nachguß läuft. 10

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

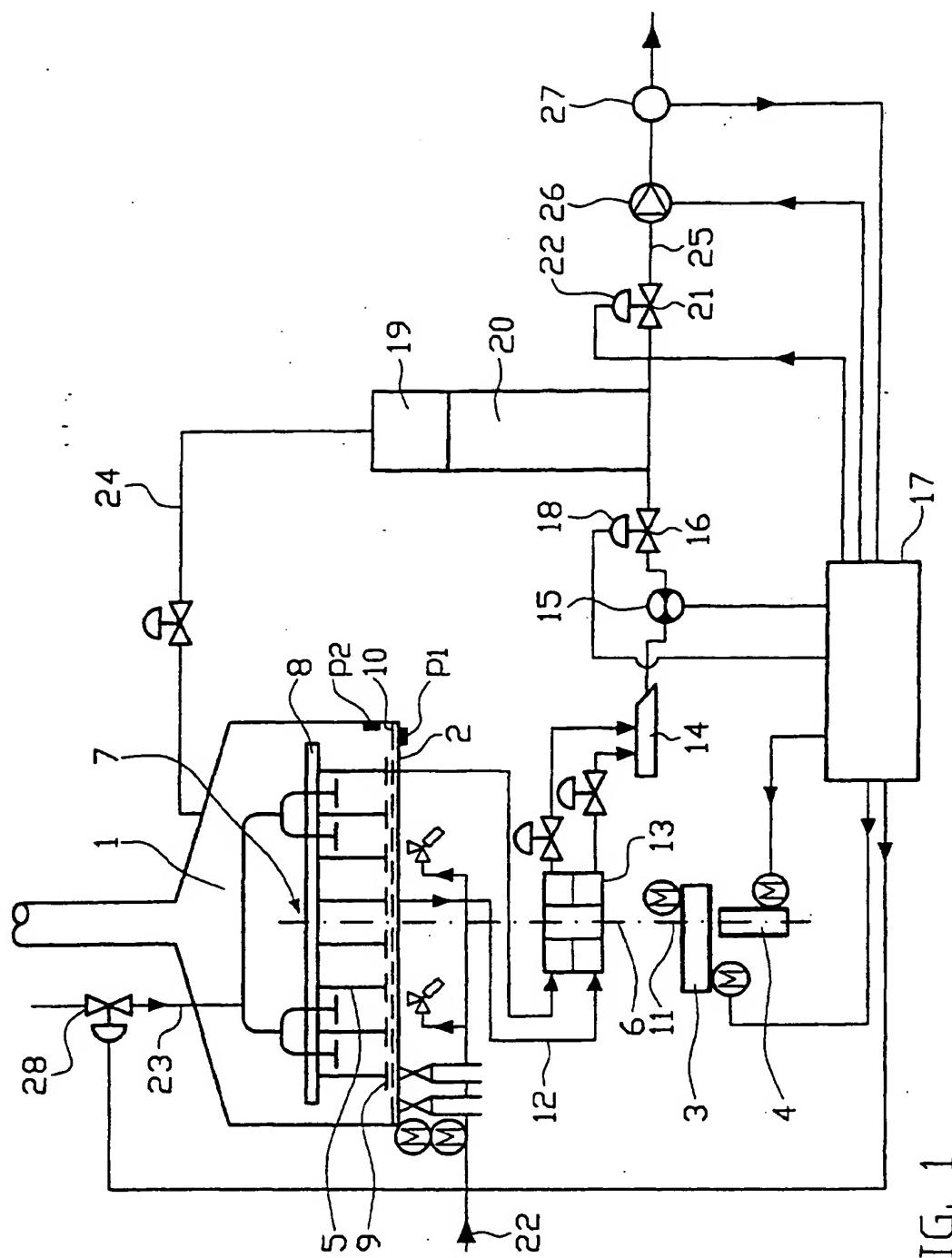


FIG. 1

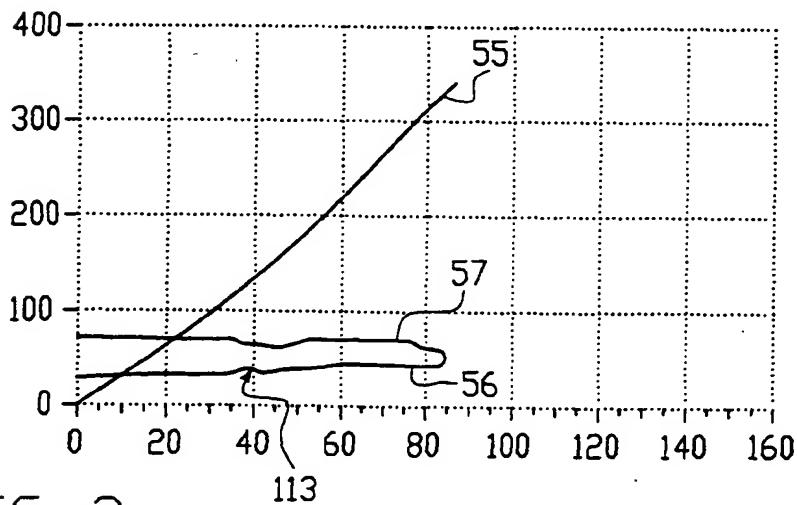
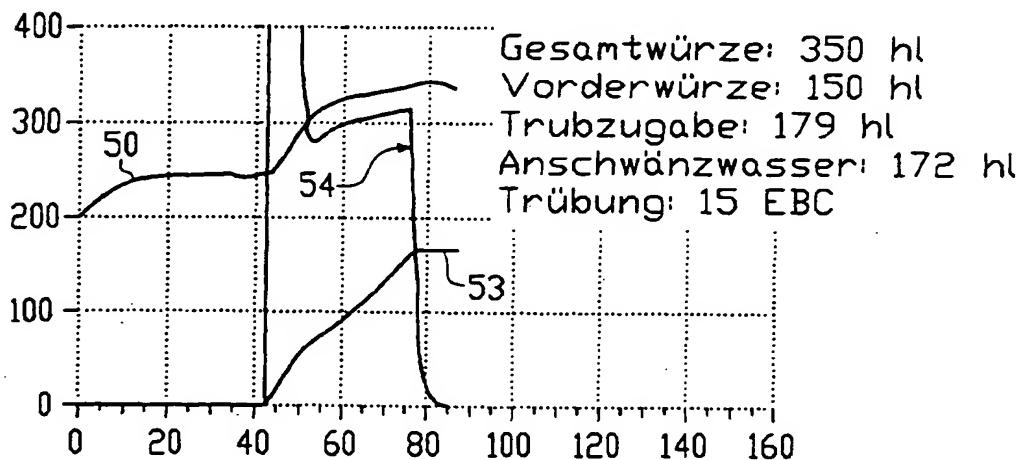
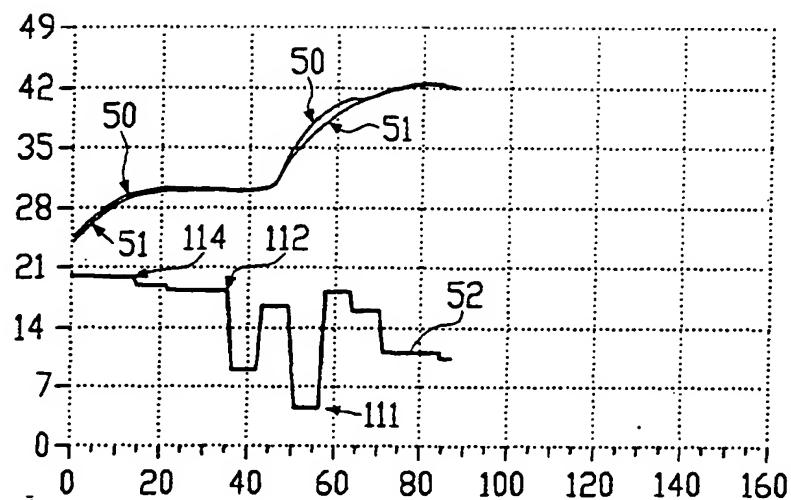


FIG. 2

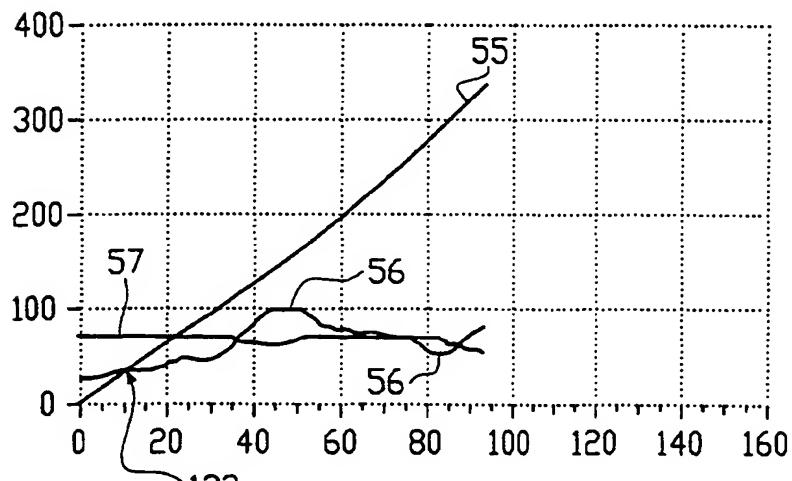
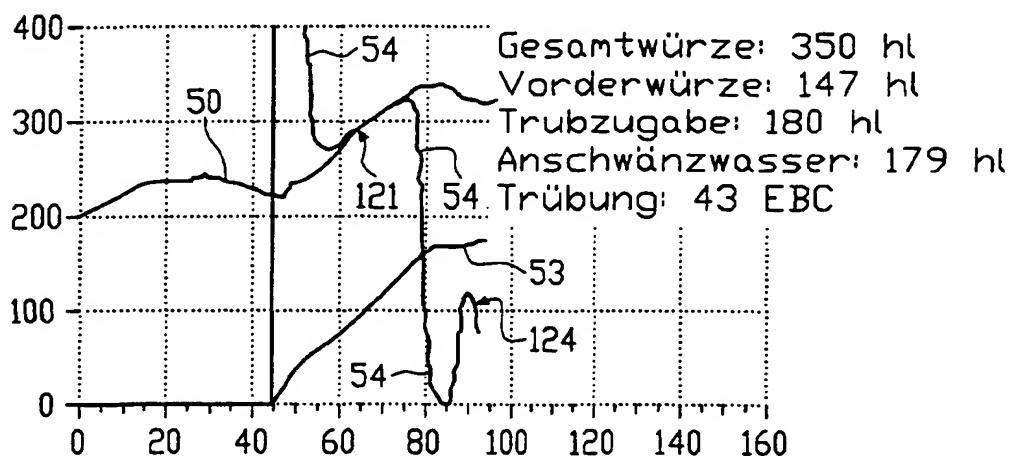
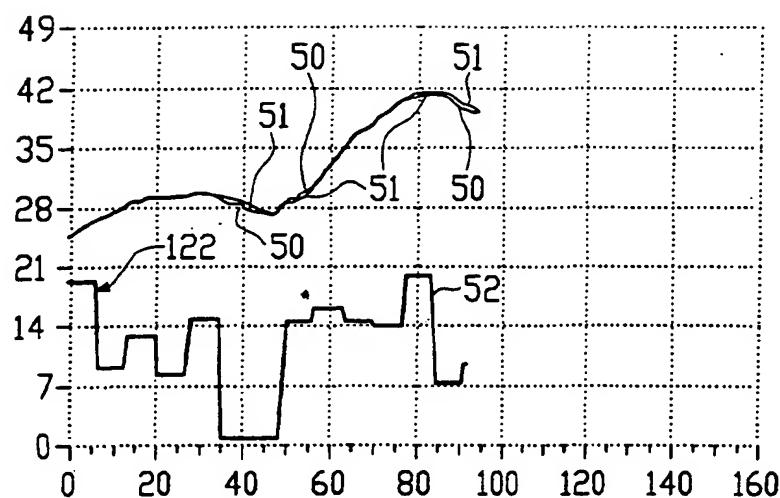


FIG. 3

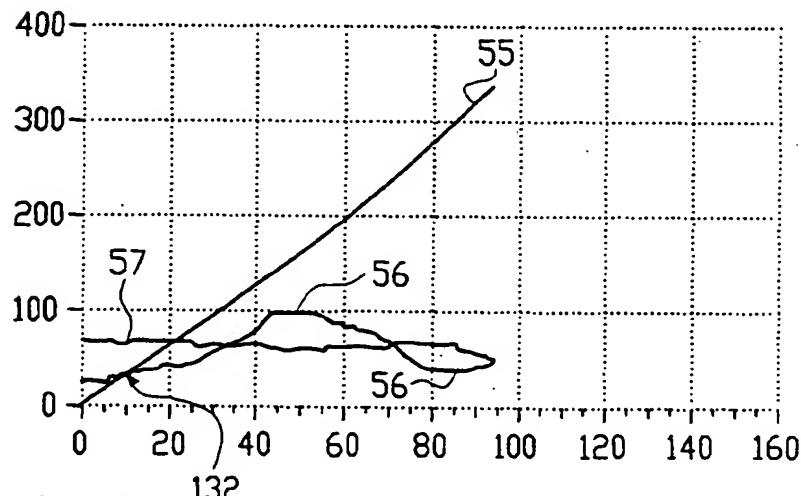
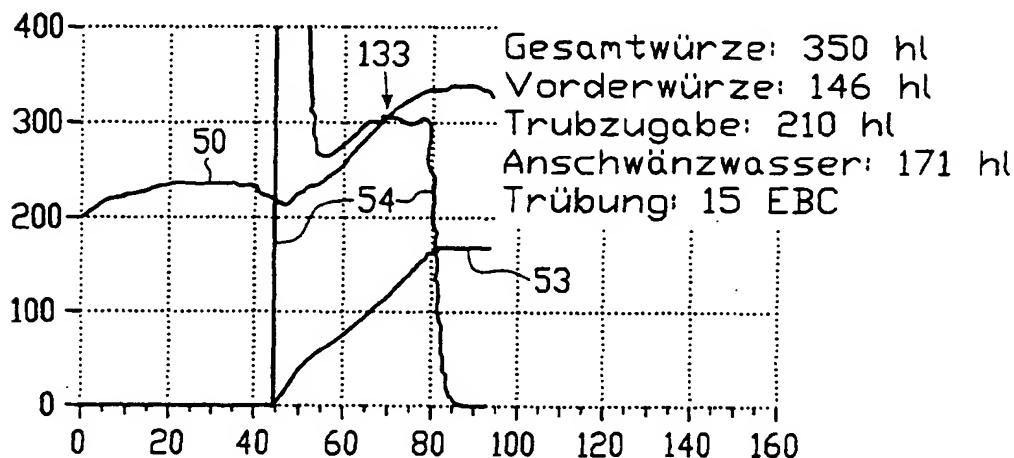
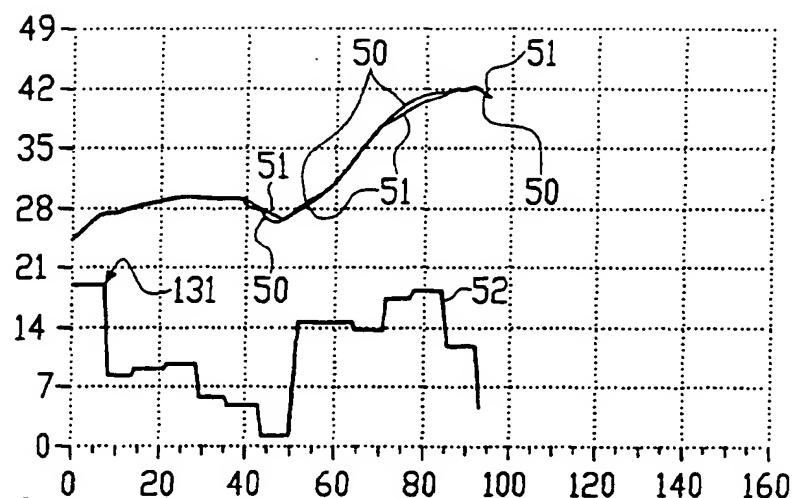


FIG. 4

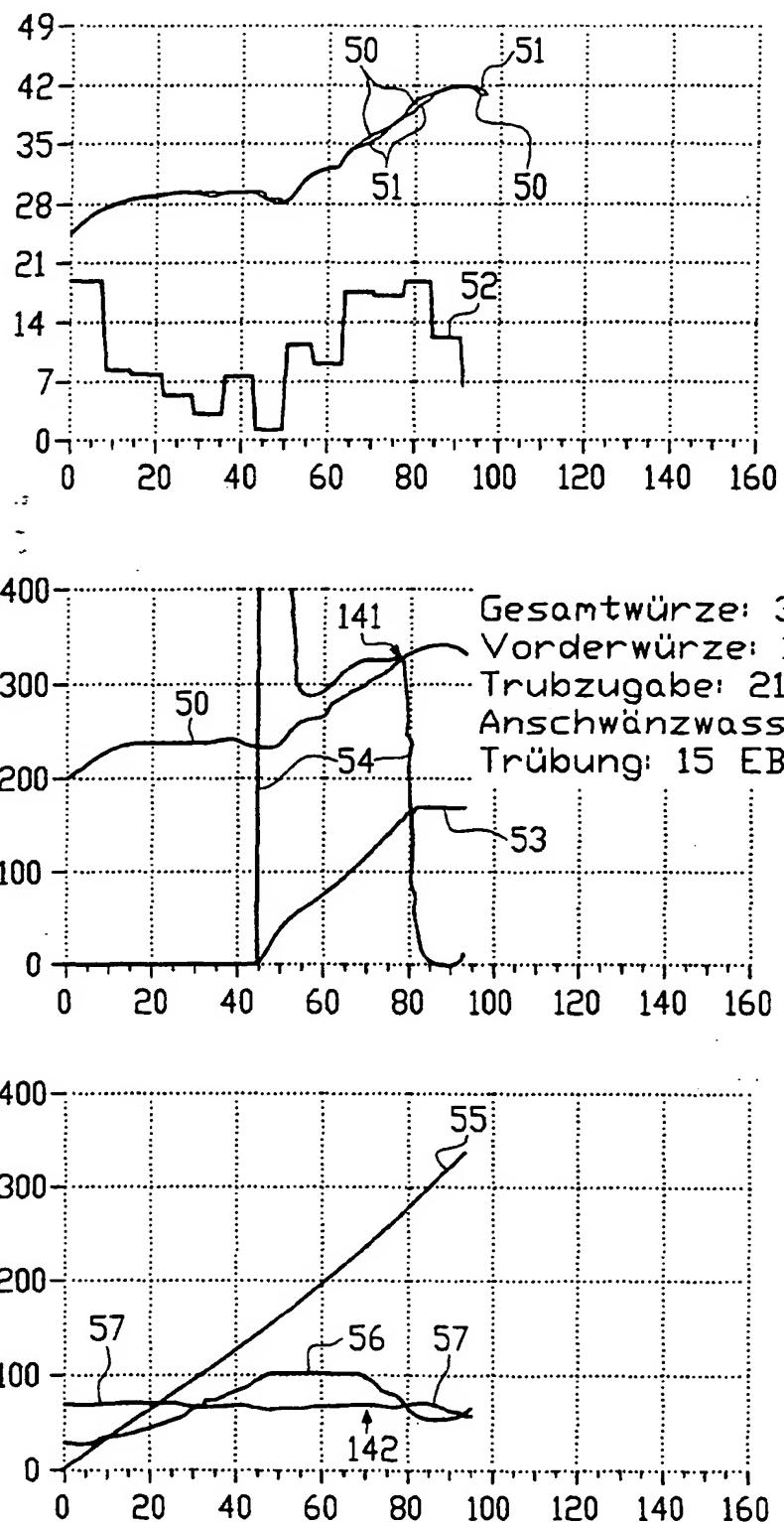


FIG. 5

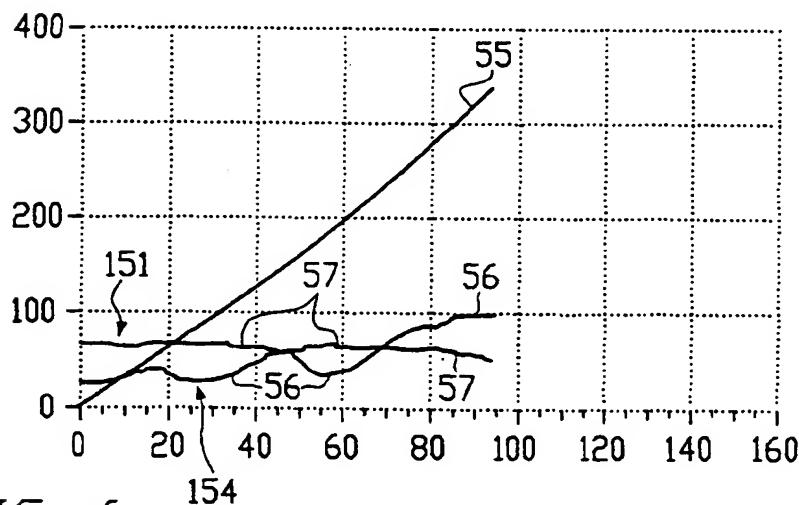
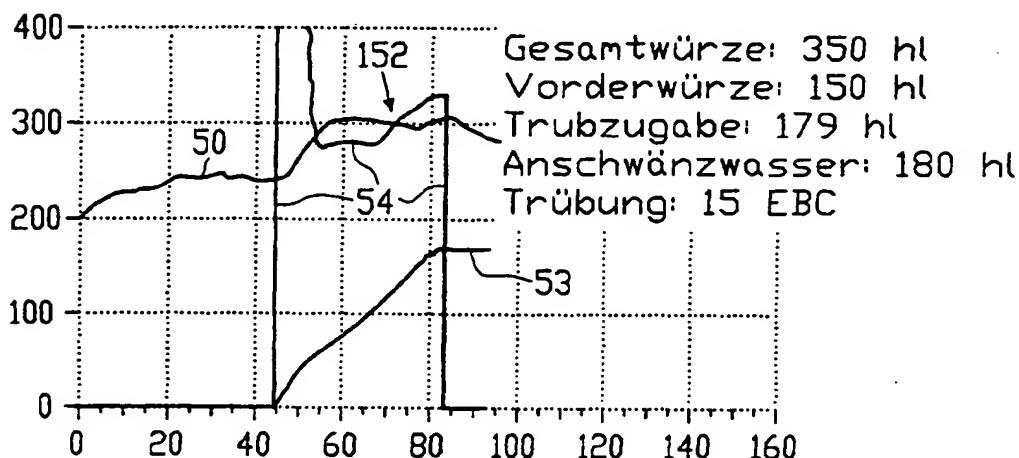
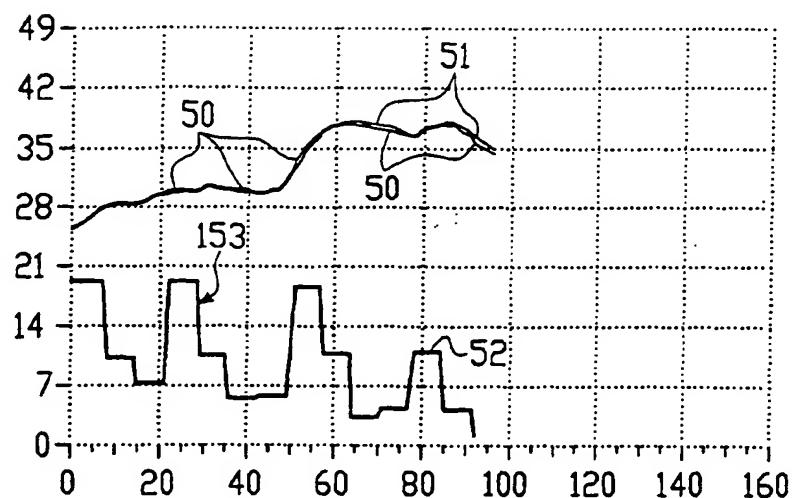


FIG. 6

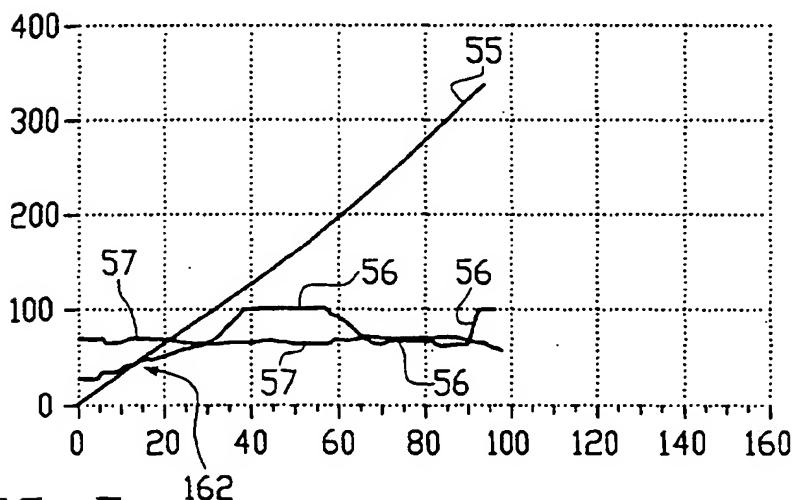
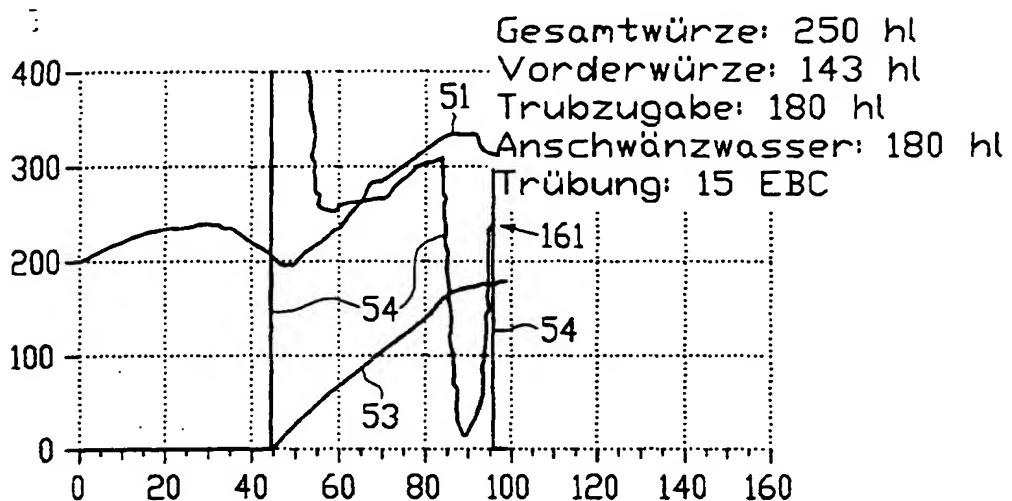
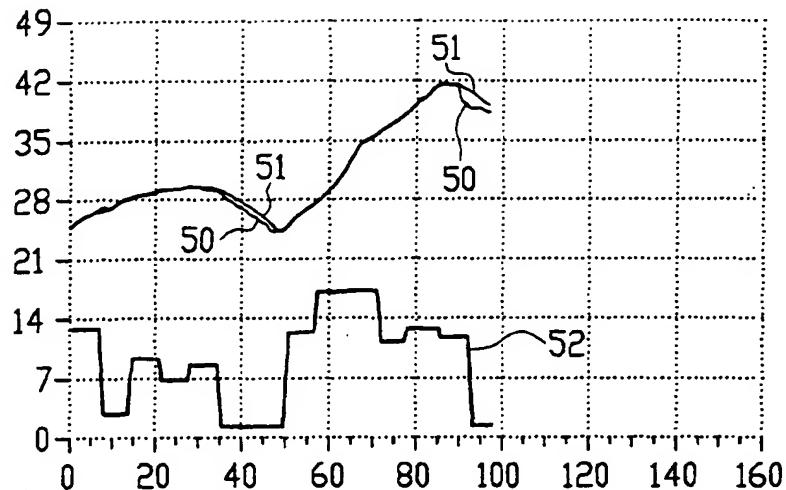


FIG. 7

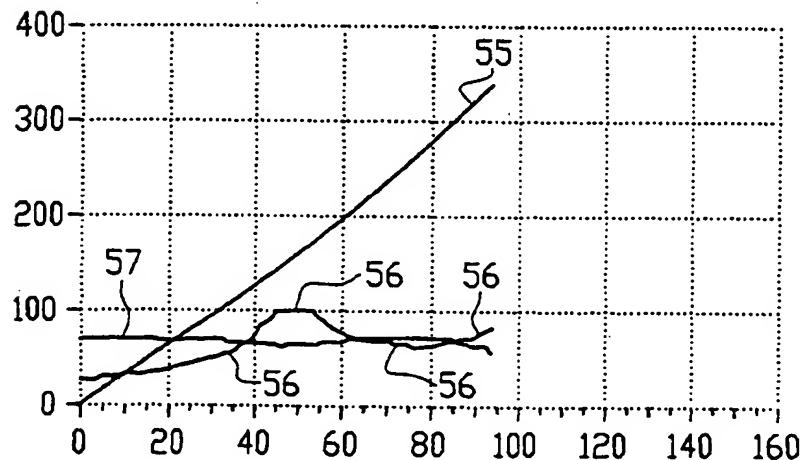
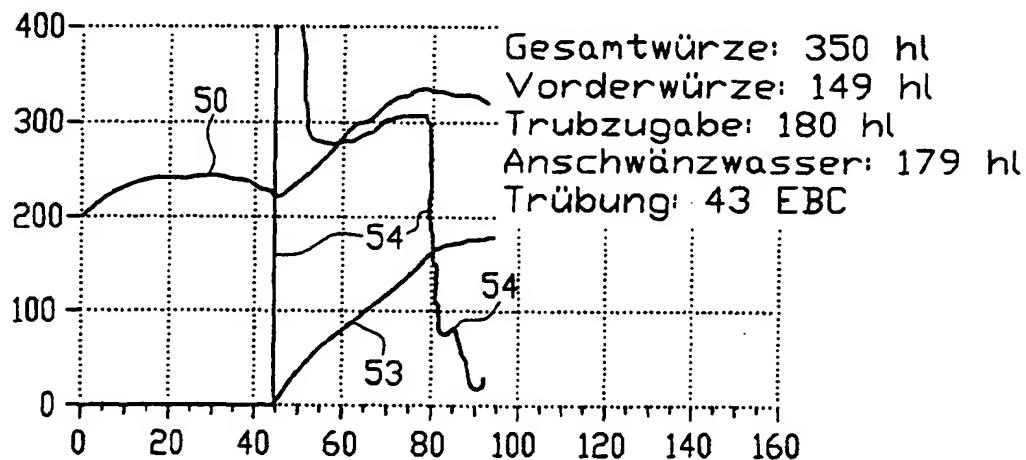
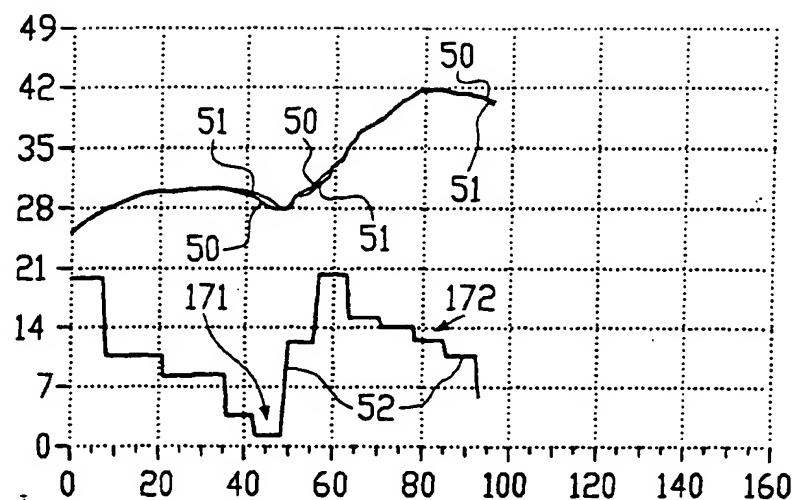


FIG. 8

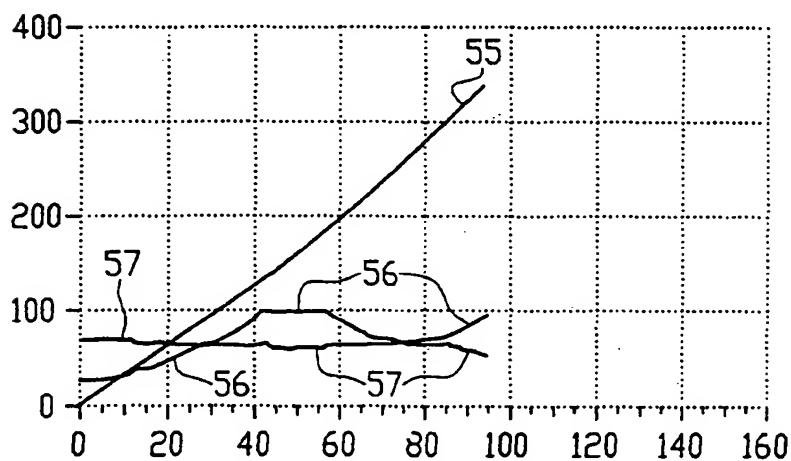
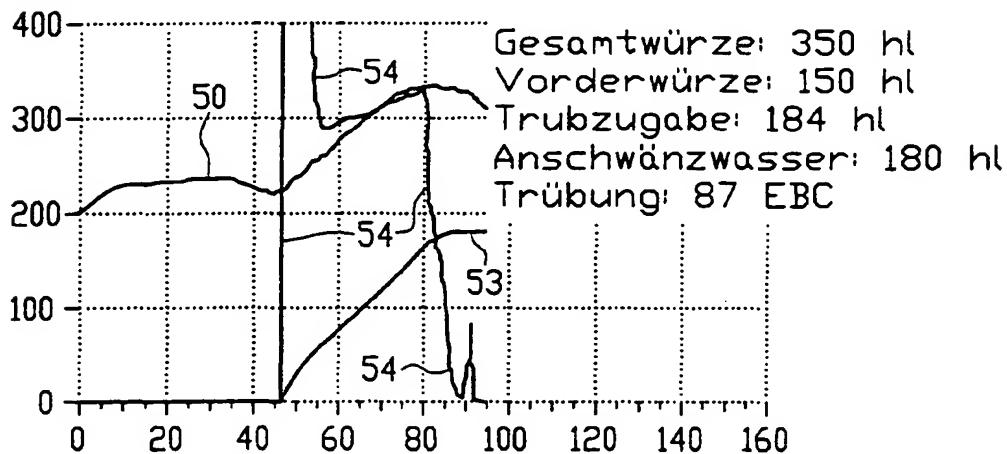
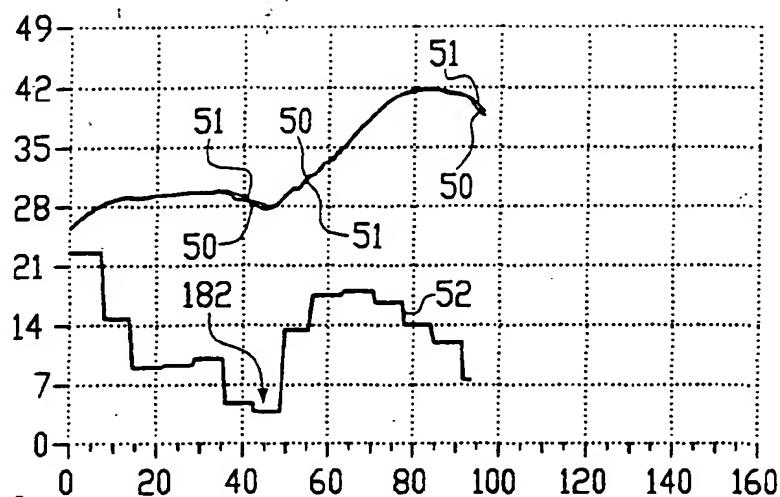


FIG. 9